

INDÚSTRIA 4.0 E CONSTRUÇÃO ENXUTA: O CASO DO SISTEMA AGILEAN

Industry 4.0 and Lean Construction: the case of AGILEAN system

Juliana Quinderé Carneiro
AVAL Engenharia | Fortaleza, CE| juliana@avalengenharia.eng.br

André Quinderé Carneiro
AVAL Engenharia | Fortaleza, CE| andre@avalengenharia.eng.br

Luis Felipe Cândido
UFC, Campus de Crateús | Crateús, Ceará| luisfcandido2015@gmail.com

RESUMO

Este artigo analisa as contribuições do Sistema AGILEAN, plataforma que integra os princípios da construção Enxuta e da Indústria 4.0, como RFID e Internet das Coisas, para melhorar a gestão da construção. O artefato foi desenvolvido por uma empresa de consultoria especializada em planejamento e controle com sede em Fortaleza, CE. Por meio do AGILEAN foi possível: (1) melhorar o uso do Andon; (2) integrar qualidade, medição e folha de pagamento; (3) monitorar em tempo real a mão de obra própria e de terceirizados; (4) gerar indicadores de desempenho da produtividade (divulgados por meio de um dashboard para a equipe de obra e administração central). Estas melhorias podem levar a uma maior transparência e confiabilidade do sistema de produção, reduzir desperdícios, variabilidade do processo e do cumprimento dos requisitos de qualidade do produto. Como contribuição o artigo apresenta como ferramentas tradicionais da construção enxuta podem ser melhoradas por meio de TICs a partir de conceitos da Indústria 4.0. Não obstante, é apresentado a aplicação ainda incipiente desses conceitos e tecnologias no setor da construção.

Palavras-chave: TIC; Indústria 4.0; Construção Enxuta; Planejamento e Controle da Produção; RFID; Internet das Coisas.

ABSTRACT

This paper analyzes the contributions of AGILEAN System, a platform that integrates Lean Construction principles and Industry 4.0, as RFID and IoT, to improve the construction management. The artifact presented was developed by a Consulting Company from city of Fortaleza, northeast of Brazil, expert in production planning and control. Through the AGILEAN System was possible: (1) improve the use of Andon; (2) integrate quality, measuring and payroll; (3) monitoring in real time the own labor and subcontractor location; (4) generate performance indicators of production (widely spread by dashboard to construction site staff and company administration). These improvements can lead a more transparent and reliable production system, reducing waste, process variability and meet the quality requirements of final product. This paper contributes to show how traditional lean construction tools can be improved by TICs derived from Industry 4.0. Notwithstanding, it shows the still incipient application of these concepts and technologies in the construction sector.

Keywords: TIC; Industry 4.0; Lean Construction; Production Planning and Control; RFID; IoT.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor ativo na utilização de informações, já que para um projeto, milhares de documentos são produzidos (NEWTON, 1998), associados a projetos, cronogramas, equipes envolvidas e processos. Por conta desses fatores, o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) tem grande potencial de impactar positivamente o setor (HIPPERT et al., 2009).

Contraditoriamente, quando comparado a outros setores, a penetração de TICs na indústria da construção ainda é baixa (NASCIMENTO; SANTOS, 2002). Ainda que o tema tenha avançado em diversas direções, como a aplicação de internet das coisas (COSTA E SILVA; SARMENTO; VERÇOSA, 2018), desenvolvimento de dispositivos móveis (REY; COSTA, 2018), entre outros, a aplicação de TICs tem se focado essencialmente no BIM (*Building Information Modeling*) (MACHADO; RUSCHEL; SCHEER, 2017).

Porém, diante da retração da economia dos últimos anos, a recuperação do setor deve ser baseada na mudança dos paradigmas de gestão da produção (BARBOSA et al., 2017) – como o *Lean Construction*, com o uso de TICs, especialmente derivadas dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016; WOODHEAD; STEPHENSON; MORREY, 2018) e até mesmo a conjunção destes conceitos (MAYR et al., 2018).

CARNEIRO, J.Q.; CARNEIRO, A.Q.; CANDIDO, L.F. Indústria 4.0 e construção enxuta: o caso do sistema AGILEAN. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas, SP. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/143

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo identificar as contribuições de um Sistema de Gestão Integrado chamado de AGILEAN – solução com foco na melhoria da eficiência de produção na construção, utilizando técnicas de *Lean* e tecnologias derivadas da Indústria 4.0 e que foi desenvolvido por dois dos autores dentro de uma empresa de consultoria de Fortaleza, CE.

2 MÉTODO DE PESQUISA

O artefato (AGILEAN) foi desenvolvido sob a abordagem Design Science. Porém, o foco deste trabalho está na sua descrição e análise de suas contribuições. Assim, a presente pesquisa consiste de um estudo de caso único (YIN, 2010) descritivo (COLLIS; HUSSEY, 2005) de natureza qualitativa (COOPER; SCHINDLER, 2016), com dados coletados em documentos (CELLARD, 2010) concedidos pela empresa (relatórios de indicadores de desempenho das obras que utilizam o AGILEAN) e entrevistas em profundidade (RICHARDSON, 2011) com dois membros da equipe que desenvolveu o sistema. Os dados foram analisados qualitativamente (GIBBS, 2009). Assim, o estudo se deu em uma empresa de consultoria de Fortaleza, CE que tem desenvolvido e aplicado soluções melhoradas por TICs à indústria da construção, bem como a aplicação dos princípios *Lean* – como observado em Carneiro *et al*. (2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A plataforma AGILEAN é composta por *software*, aplicativo e *hardware* e possui 6 funcionalidades, conforme sumarizado no Quadro 1. Estas funcionalidades são detalhadas e suas contribuições ao gerenciamento da construção apresentadas em seguida.

Quadro 1: Conceitos do *Lean Construction* x Funcionalidades do AGILEAN

Funcionalidade	Descrição sumária	Conceitos e tecnologias relacionadas	
		Indústria 4.0	Lean Construction
AGILEAN Andon	Gestão de paralizações e alertas automáticos para os gestores da obra	Tecnologia RFID e computação nas nuvens	Reduzir a variabilidade e eliminar tempos ociosos do processo
Folha de Pagamento	Gestão de folha de pagamento e impressão de ordens de serviço no campo	Internet das Coisas (IoT), Tecnologia RFID e computação nas nuvens	Aumentar a transparência no processo, fluxo de trabalho simples e direto, sincronização das equipes de trabalho
Localização dos Funcionários	Aferição da produtividade dos funcionários baseado nos tempos de parada	Internet das Coisas (IoT)	Aumento da confiabilidade dos prazos, melhoria da produtividade
Medição de Obra	Medição dos serviços em campo automatizado	Computação móvel, Tecnologia RFID	Redução de atividades que não agregam valor ao produto final, transparência
Qualidade	Conexão entre folha de pagamento e verificação de qualidade dos serviços	Computação nas nuvens	Reduzir o tempo de ciclo dos processos, redução de incertezas
Dashboard de Resultados	Apresentação dos resultados em forma de dashboards interativos, atualizados em tempo real	Big Data	Redução de incertezas, transparência nos resultados, gerenciamento visual.

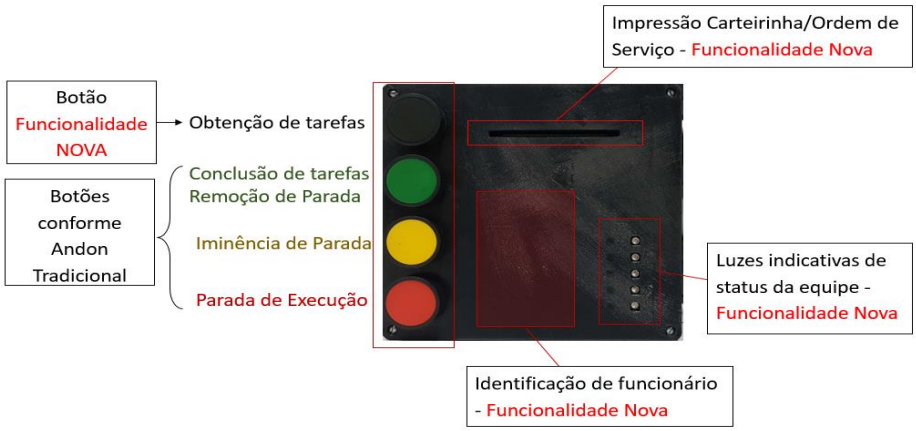
Fonte: Os autores.

3.1 AGILEAN Andon e a folha de pagamento

A primeira funcionalidade apresentada é o AGILEAN Andon, uma melhoria do Andon tradicional – dispositivo bastante disseminado em canteiros de obra que aplicam a construção enxuta (MIRANDA FILHO; HEINECK; COSTA, 2016). Além da funcionalidade tradicional de informar aos gestores de obra o status dos serviços (em execução, iminência de parada e parada), incrementou-se as funcionalidades de (1) identificação do funcionário, (2) obtenção de tarefas e impressão de ordem de serviço e (3) possibilidade de monitoramento do status de múltiplas equipes em um mesmo pavimento. A estação AGILEAN Andon é apresentada na figura 1 e detalhada na sequência.

Tradicionalmente a operação de um Andon pode ser realizada por qualquer pessoa no canteiro de obras, o que dificulta o monitoramento dos trabalhos. Assim, cada operário recebe um cartão de identificação, com tecnologia RFID o que permite o registro e identificação do funcionário que informou o status do serviço e a qual equipe ele pertente. Isso permite ainda que o AGILEAN Andon registre os tempos de paralizações e envie alertas via SMS para os celulares da equipe gerencial cadastrados no sistema, conforme a figura 2.

Figura 1: Estação AGILEAN Andon



Fonte: Os autores.

Figura 2: Paralização de equipes na estação AGILEAN Andon



Fonte: Os autores.

Com todo o fluxo de valor monitorado é possível gerar indicadores relacionados à eficiência do sistema produtivo, os quais são apresentados em um dashboard, como descrito na subseção 3.3.

O sistema também permite a automação na emissão de ordens de serviço. Ao concluir uma tarefa o operário encosta o seu cartão e requisita uma nova tarefa, a sua ordem de serviço (carteirinha de serviço) é impressa no mesmo momento, indicando o serviço, o local de execução, a equipe que irá executar junto com aquele operário, o valor do serviço e os seus prazos, conforme esquematizado na Figura 3.

Tal funcionalidade permite a distribuição das ordens de serviço no campo e o fechamento da folha de pagamento dos seus funcionários, já que cada requisição está devidamente identificada. Assim, reduz-se esse fluxo que não agrega valor ao produto final e aumenta-se a transparência e a confiabilidade do processo. Ao gerar as atividades dentro do módulo *web* do AGILEAN, o gestor, com base em um orçamento de mão de obra, faz a alocação do custo disponível para execução de cada tarefa, prazos e equipe que irá executar. Dessa forma, o aplicativo fornece, além da folha de pagamento total no final do período, a folha de pagamento parcial a cada finalização de tarefa.

3.1 Qualidade, folha de pagamento e medição dos serviços

Atualmente em uma obra, os processos de verificação da qualidade, medição dos serviços e pagamento da folha de produção não são interligados, sendo estas realizadas por diferentes setores de forma que, constantemente, atividades são pagas e, somente após a liberação do pagamento, a qualidade faz a inspeção e detecta problemas nos serviços (que já foram pagos) provocando serviços não concluídos, retrabalhos e, por consequência custos. No módulo *web* do AGILEAN, toda a liberação do pagamento e medição de avanço

físico-financeiro da obra é feita com base no aceite dos critérios de qualidade que são conferidos na inspeção de cada ordem de serviço. A verificação e liberação dos serviços pela qualidade são feitas dentro do módulo *tablet* do AGILEAN. Os critérios de qualidade têm pesos financeiros para o avanço de obra, cadastrados previamente no módulo *web*, e também estão conectados com as atividades de cada ordem de serviço de forma que, caso a qualidade não aceite algum item ele será retido no avanço físico da obra e na liberação do pagamento da mão de obra.

Figura 3: Carteirinha de trabalho impressa na estação AGILEAN Andon



Fonte: Os autores

3.2 Dashboard de resultados

O *dashboard* (ou painel de resultados) ascende do princípio *Lean* de gerenciamento visual (KOSKELA; TEZEL; TZORTZOPOULOS, 2018). No AGILEAN todas as informações coletadas são compiladas e apresentadas em tempo real e está disponível para a equipe de obra e para a administração da empresa. Os principais indicadores, destacados na figura 4 são: (1) consumo do orçamento da mão de obra, (2) status da mão de obra – de acordo com o Andon (funcionário trabalhando, iminência de parada e parado), (3) custo das paradas – valor da mão de obra em função do tempo parado, (4) tempo das paradas, (5) causas das paradas, (6) custo total da improdutividade – total do custo das equipes não produtivas, dentre outros.

A Figura 4 apresenta o painel designado de AGILEAN BI.

Salienta-se que tais indicadores são preconizados em um ambiente de produção que aplica os princípios *Lean*, como destacam Cândido, Heineck e Barros Neto (2014), ou seja, estão focados em aspectos físicos e qualitativos da produção e não somente no controle de custo. Destarte, ao tê-los em tempo real, torna-se possível a ação imediata – durante o processo, e não apenas ao término de um ciclo de medição.

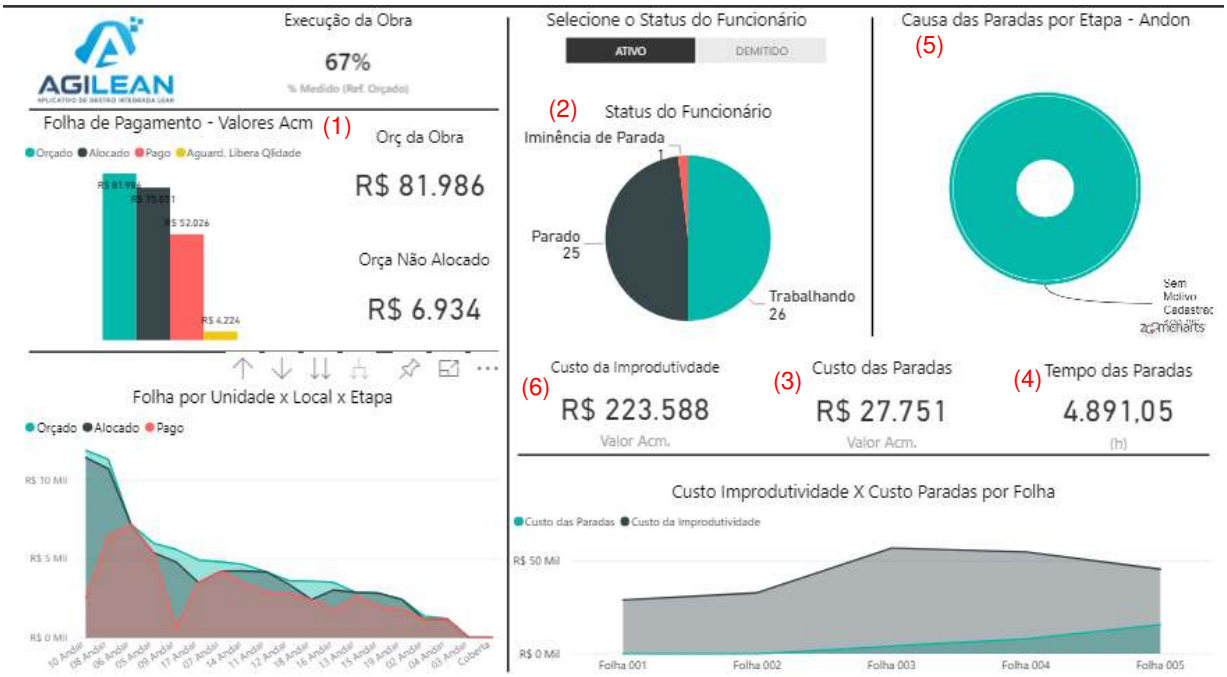
3.3 Contribuições do AGILEAN

A utilização do produto se mostrou vantajosa, tendo sido observado melhorias na gestão e no desempenho da obra com o aumentou a produtividade, otimização e aumento do cumprimento do orçamento da mão de obra, bem como automatização da geração da folha de pagamento. Outro ponto importante é que, normalmente, os alertas de paralização, distribuição de pacotes e fechamento da folha de pagamento são resolvidos no dia-a-dia da obra de forma separada e arcaica. É necessário despender muito tempo, por exemplo, separando os serviços e alocando pessoal/orçamento, recebendo as ordens de serviços após a execução de cada atividade e lançando manualmente no sistema para fechamento de folha.

A possibilidade de imprimir os pacotes de trabalho no próprio pavimento permite maior permeabilidade do planejamento da obra e, baseado no próprio comando no campo, são obtidas as datas e início e término reais da atividade, o que permite o acompanhamento, em tempo real, dos possíveis desvios em relação ao planejamento da obra. Além disso, a obtenção de indicadores de produtividade a partir do processo tradicional

pode ser falho, pois não é possível saber com certeza quanto tempo o funcionário ficou parado ou se teve que executar outra atividade por conta de uma falta de insumo.

Figura 4: Painel AGILEAN BI



Fonte: Os autores.

O resultado esperado pelos entrevistados com a inovação é, portanto, a diminuição do tempo gasto com atividades de gestão, diminuição de retrabalhos e a possibilidade de os gestores da obra avaliarem diariamente o desempenho do sistema produtivo como um todo, resultando em aumento da produtividade da obra em geral.

4 CONCLUSÃO

O presente artigo teve por objetivo identificar as contribuições de um Sistema de Gestão Integrado chamado de AGILEAN que integra princípios da Indústria 4.0 e da Construção Enxuta. Pode-se concluir que existe a viabilidade do emprego e integração do *Lean* com os conceitos da Indústria 4.0, ao passo que se evidencia a sua ainda incipiente aplicação. Desta forma, o presente trabalho contribui com a disseminação dos conceitos da Indústria 4.0, bem como de seus benefícios, na indústria da construção a partir do prisma da construção enxuta aumentando a literatura do campo do conhecimento que ainda é incipiente em nível sendo, portanto, uma contribuição para a comunidade acadêmica.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, F.; WOETZEL, J.;MISCHKE, J.; RIBEIRINHO, M.J.;, SRIDHAR, M.; PARSONS, M.; BERTRAM, N.; BROWN, S. **Reinventing Construction : a Route To Higher Productivity**. Houston: McKinsey Global Institute, 2017.Disponível em: <http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>.

CÂNDIDO, L. F; HEINECK, L. F. M; BARROS NETO, J. P. A Critical analysis on earned value management (EVM) technique in building construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 22., 2014, Oslo. **Proceedings**… Oslo: IGLC, 2014.

CARNEIRO, J. Q.; CARNEIRO, A. Q.; MACHADO, V. A.; CÂNDIDO, L.F.; BARROS NETO, J. P. 2017. Lean Metric system: proposal for a performance measurement system for construction projects. In: LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I. (eds.), 25., 2017, Heraklion. **Proceedings…** Heraklion: IGLC, 2017. p. 629-636.

CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. *et al.* (Orgs.). In: **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010. p. 295-316, 2010.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração:** um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

COSTA E SILVA, A. J.; SARMENTO, A. A. M.; VERÇOSA, B. C. D. EMPREGO DA IoT PARA ACOMPANHAMENTO DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA DE BLOCOS DE CONCRETO MASSA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., Foz do Iguaçu. **Anais**... Foz do Iguaçu: ANTAC, 2018.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009.

HIPPERT, M. A. S. *et al*. TIC na Construção Civil: cenário atual e perspectivas futuras. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4, Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: ANTAC, 2009.

KOSKELA, L.; TEZEL, A; TZORTZOPOULOS, P. 'Why Visual Management?' In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26., Chennai. **Proceedings...** Chennai: IGLC, 2018, p. 250-260

MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C.; SCHEER, S. Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 359–384, dez. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000400359&lng=pt&tlng=pt>.

MAYR, A.; WEIGELT, M.; KÜHL, A.; GRIMM, S. ERLL, A.; POTZEL, M.; FRANKE, J. Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. **Procedia CIRP 72**, v. 72, p. 622–628, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>.

MIRANDA FILHO, A. N. de; HEINECK, L. F. M.; COSTA, J. M. da. Using Lean to Counteract Complexity. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24., Boston. **Proceedings**... Boston: IGLC 2016, 2016. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1355/pdf>.

NASCIMENTO, Luiz Antonio do; SANTOS, Eduardo Toledo. Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil. *In*: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002.

NEWTON, P. Diffusion of IT in the Building and Construction Industry. Building for Growth Innovation Forum, Sydney, 1998. Disponível em: <http://www.isr.gov.au/industry/building/invforum/> .

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitalization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v. 83, p. 121–139, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>.

REY, R. O.; COSTA, D. B. Utilização de tecnologias móveis no controle da qualidade no canteiro de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., Foz do Iguaçu. **Anais**... Foz do Iguaçu: ANTAC, 2018.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2011.

WOODHEAD, R.; STEPHENSON, P.; MORREY, D. Digital construction: From point solutions to IoT ecosystem. **Automation in Construction**, v. 93, n. October 2017, p. 35–46, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.004>.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.